

อิทธิพลการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิ

ต่อองค์ประกอบและผลผลิตพืชอาหารสัตว์

Effect of Elevated CO_2 and Temperature on Forage Composition and Production

พิพัฒน์ สมสาร

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี

1. บทนำ

ความสำคัญของก้าวcarbonไดออกไซด์

ปัจจุบันทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาวะเรือนกระจก (greenhouse effect) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากโลกล้มการสะสมก๊าซที่ก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจกจากเพิ่มสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนของก๊าฟ่างๆ ในชั้นบรรยากาศของโลกย่อมส่งผลกระทบต่อความผันแปรของสภาพภูมิอากาศของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มสูงขึ้นของก้าวcarbonไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก้าวสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก [1] จากการคำนวณโดยใช้โมเดลของ IPCC [2] พบว่าความเข้มข้นของก้าวcarbonไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นจากระดับปัจจุบันประมาณ 330 ppm เป็น 660 ppm ในช่วงปีค.ศ.2050-2090 ซึ่งการเพิ่มสูงขึ้นของปริมาณก้าวcarbonไดออกไซด์ในบรรยายกาศเป็น 2 เท่าที่จะส่งผลให้โลกล้มอุณหภูมิสูงขึ้น 2.5 องศาเซลเซียสหรืออยู่ในช่วง 1.5-4.5 องศาเซลเซียส

ถึงแม้ว่าปริมาณก้าวcarbonไดออกไซด์ในบรรยายกาศจะมีปริมาณมากเป็นอันดับ 4 หรือคิดเป็น 0.036 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) ของก้าวในบรรยายกาศเหล่านั้น แต่ก้าวcarbonไดออกไซด์มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต 2 ประการสำคัญ ได้แก่ ประการแรก ก้าวcarbonไดออกไซด์จะดูดกลืนรังสีคลื่นยาวที่แผ่กลับออกมากโดยพื้นโลก ซึ่งช่วยรักษาอุณหภูมิโลกให้เหมาะสมต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต และประการที่สอง เป็นแหล่งของคาร์บอน ซึ่งเป็นธาตุหลักที่สำคัญในสิ่งมีชีวิตและในรัฐบาลของกระบวนการทางชีวะ-ธารน์-เคมีของสิ่งมีชีวิต

(biogeochemical cycle) บนโลก [3] สำหรับพืชพบว่า ประมาณ 85-92 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งของพืชเป็นอุ่นพันธุ์ซึ่งได้มาจากการตระไว้ก้าวcarbonไดออกไซด์จากกระบวนการโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง [4]

2. อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของพืชอาหารสัตว์

อัตราการเจริญเติบโตของพืชอาหารสัตว์ สามารถวัดได้จากอัตราการเพิ่มขึ้นของวัตถุแห้ง ซึ่งเป็นผลมาจากการสังเคราะห์แสงสุทธิ และอัตราการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบ ในหญ้าหลายชนิด การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบจะสัมพันธ์กับอัตราการแตกกอ ในขณะที่พืชตระกูลถั่วการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบจะสัมพันธ์กับการพัฒนาของระบบบำรุงและอัตราการงอกของใบเพิ่ม อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตสามารถวิเคราะห์ได้จากการสังพันธ์ต่อผลกระทบของกระบวนการต่างๆ เหล่านี้ [5] ซึ่งจากการทดลองของ Keatinge et al. [6] ได้แสดงให้เห็นว่าการขยายขนาดของใบหญ้า perennial ryegrass (*Lolium perenne* cv. Perma) จะสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศ

หญ้าเขตร้อน (C_4) มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด สูงกว่าพืชตระกูลถั่วเขตร้อนหรือหญ้าเขตร้อนอุ่น (C_3) เนื่องจากความแตกต่างทางสรีรวิทยา ซึ่งอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดนี้ มากเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่าพืชตระกูลอุ่นๆ อุณหภูมิที่เหมาะสมของหญ้าเขตร้อนแต่ละชนิดจึงเป็นอุณหภูมิที่จำเพาะ หรือมีจุดจำกัดอยู่ในช่วงแคบๆ และแตกต่างจากพืชตระกูลถั่วเขตร้อนและหญ้า

เขตอบกุ่น ซึ่งมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิเป็นแบบ flat topped response curve หรือมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกว้างกว่าที่อยู่เขตวันนั้นเอง [7] ดังนั้นอัตราการสังเคราะห์แสงสูงขึ้นของหญ้า เขตวันนั้นเอง โดยทั่วไปอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับอัตราการ สังเคราะห์แสงสูงขึ้นมากกว่า 35 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่ กับความเข้มข้นของแสง ชนิดของพืชและอายุของพืช อัตราการ สังเคราะห์แสงสูงขึ้นจะลดลงเท่ากับ 0 ที่อุณหภูมิระหว่าง 5 ถึง 10 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 52 ถึง 61 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็น ขีดจำกัดต่ำสุดและสูงสุดของอุณหภูมิ ตามลักษณะ [8] พืชตระกูล ถั่วเขตัวนี้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 31 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิขีดจำกัดล่าง ใกล้เคียงกับหญ้าคืออยู่ในช่วง 5 ถึง 8 องศาเซลเซียส แต่มีอุณหภูมิขีดจำกัดบนต่ำกว่า หรือ ประมาณ 50 องศาเซลเซียส [5]

สำหรับหญ้าเขตต้อนรุ่น โดยทั่วไปพบว่าการแตกกอมักจะ เกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกิดสภาพที่ช่วงเวลา กลางคืนมีอุณหภูมิต่ำและในช่วงกลางวันมีอุณหภูมิสูง [8] ใน หญ้าเขตัวนี้สามารถนับ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะเป็นเหตุให้ อัตราการแตกกอเพิ่มขึ้น ยกตัวอย่างเช่น *Paspalum dilatatum* [9], *Astrebla spp.* [10] และ *Penicum maximum* var. *tricheglume* และ *Pennisetum clandestinum* [8] อย่างไรก็ ตามการแตกกอของ *Chloris gayana*, *Cenchrus ciliaris* และ *P. coloratum* var. *makarikariense* จะไม่ตอบสนองต่อ อุณหภูมิ แต่เพิ่นที่ไปจะเพิ่มขึ้นถ้าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น โดยการเพิ่ม ขึ้นของขนาดใบจะเกิดเฉพาะใบ (individual leave) [8]

อัตราการพัฒนาของพื้นที่ใบทั้งใบในพืชตระกูลหญ้าและพืช ตระกูลถั่วจะได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิอย่างเด่นชัด อิทธิพลดัง กล่าวแสดงให้เห็นในงานทดลองของ Ludlow และ Wilson [11] ซึ่งได้ทำการปรับเปลี่ยนช่วงในการเจริญเติบโตของหญ้าและถั่ว เขตวันที่อุณหภูมิคงที่ 2 ระดับคือ 20 และ 30 องศาเซลเซียส พวยว่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พืชจะถูกเก็บเกี่ยวได้ภายใน หลังวันที่ 35 ในขณะที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส การเก็บ เกี่ยวจะทำได้ภายหลังจากวันที่ 21 และความแตกต่างของชั้นหัก พืชในอุณหภูมิเดียวกันในระยะดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์อย่าง ใกล้ชิดกับน้ำหนักของเมล็ด ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส อัตรา การเจริญของใบในหญ้าคิดเป็น 6 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเจริญ

ของใบที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และในน้ำหนักเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเจริญของใบที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส [5]

เป็นการยกที่จะประเมินความสำคัญของอิทธิพลของ ความแตกต่างของอุณหภูมิต่ออัตราการสังเคราะห์แสงสูง และ อัตราการแตกใบไปต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งต้นนายไตรีสภาพ แปลงหญ้า ซึ่งในแปลงหญ้า อัตราการสังเคราะห์แสงสูงจะถูก เปลี่ยนแปลงลดลงในสภาพที่ทรงฟูมได้รับแสงน้อย และโดยอิทธิ พลของอุณหภูมิต่ออัตราการหายใจของพืชในแปลงคืน อย่าง ไร้กีตมจากการทดลองที่ใช้ในข้าวโพดและหญ้า (*Cenchrus ciliaris*) ซึ่งให้เห็นว่าในหญ้าเขตัวนี้ อุณหภูมิจะมีอิทธิพลต่อ อัตราการเจริญเติบโตอย่างชัดเจน ซึ่งอิทธิพลดังกล่าวจะส่งผลต่อ อัตราการสังเคราะห์แสงสูงที่มีในต่ำสุด นอกจากนี้อุณหภูมิที่เหมาะสมที่วัดได้สำหรับอัตราการสังเคราะห์แสงสูงในพืชตระกูลถั่ว และหญ้าเขตัวนี้จะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับ การเจริญเติบโตทั้งหมดของพืช (total plant growth) [8]

หญ้าและถั่วตอบรับอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการ เจริญเติบโต (whole plant growth) อยู่ในช่วง 10 ถึง 25 องศาเซลเซียส และถึงแม้ว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส อัตราการเจริญเติบโตจะลดลงอย่างรวดเร็วตาม แต่ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสที่ชัยคงมีการเจริญเติบโตและมีความแข็งแรง อยู่ [12] ตรงกันข้าม หญ้าและถั่วเขตัวนี้จะมีการเจริญเติบโต เพียงเล็กน้อยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15-17 องศาเซลเซียส แต่มีอัตรา การเจริญเติบโตสูงสุดที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส สำหรับพืชตระกูลถั่ว และ 35-40 องศาเซลเซียสสำหรับพืช ตระกูลหญ้า [5]

3. อิทธิพลของการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อ การเจริญเติบโตของพืชอาหารสัตว์

ความเข้าใจเกี่ยวกับอิทธิพลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อ พืชเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากการศึกษาในระดับใบ และบางการทดลอง เป็นการศึกษาในระดับใบ ที่วิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของ คาร์บอนไดออกไซด์ต่อการสังเคราะห์แสงและการหายใจในระดับ ฟูมใบพืช ซึ่งส่วนใหญ่จะทำในห้องควบคุมทั้งแบบปิดและแบบ เปิดด้านบน (close- and open-top chamber) และมีการวิจัย บางเรื่องทำในแปลงทดลองขนาดใหญ่ (Free-Air CO_2

Enrichment, FACE) ซึ่งวิธีดังกล่าวค่อนข้างเป็นประโยชน์มาก และใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด แต่ลงทุนค่อนข้างสูง Drake และ Leadley [13] ได้สรุปงานวิจัยที่ผ่านมาดังนี้ (1) อัตราการสังเคราะห์แสงของพืชเพิ่มขึ้น เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ซึ่งต้องมีแหล่งสำหรับเก็บคาร์บอน (sink available for the carbon), (2) อิทธิพลของคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลมากที่สุดที่อุณหภูมิสูงสุด,(3)การเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์จะเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่มีปฏิวิริยาร่วมกันหลายตัว เช่น สถานะปัจจัยรวมของฟูมีโน และการถ่ายเทสารอาหาร (partitioning of assimilation) ซึ่งเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างพืชและระบบవิเคราะห์

โดยทั่วไปการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น แต่จะไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากยังมีปัจจัยอื่นๆที่เป็นตัวจำกัดการสังเคราะห์แสงด้วยเช่นปริมาณสารอาหาร, ความชื้นในดิน, อุณหภูมิ และความเข้มข้นของแสง เป็นต้น [14, 15] จากการศึกษาของ Graves และ Reavey [15] พบร่วมกันของเมื่อความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์จะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงแต่เมื่อความเข้มข้นสูงมากก็อัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้าลงและคงที่ในที่สุด การเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลต่อกระบวนการ carboxylation โดยตรง ซึ่งก่อให้เกิดการรวมตัวกันระหว่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับ Ribulose bis-phosphate (RuBP) ในพืช C₃ และ Phosphoenol pyruvate (PEP) ในพืช C₄

โดยธรรมชาติของพืช C₄ มีกลไกในการเตรียมคาร์บอนไดออกไซด์ที่ประลิทิกภาพสูงกว่าพืช C₃ [5] ดังนั้นจึงทำให้พืช C₄ มีการตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศน้อยกว่าพืช C₃ ซึ่ง Unsworth และ Hogsett [16] รายงานว่าหากความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า อัตราการสังเคราะห์แสงสูงขึ้นของพืช C₃ จะเพิ่มขึ้นประมาณ 50-100 แมอร์เซ็นต์ ในขณะที่พืช C₄ อัตราการสังเคราะห์แสงสูงขึ้นเพิ่มขึ้นแค่เพียง 10 แมอร์เซ็นต์

Lawlor และ Mitchell [17] รายงานว่าหากปัจจัยทางสภาพอากาศอื่นๆไม่เปลี่ยนแปลงและมีการจัดเตรียมน้ำ สาร

อาหารและการควบคุมค่าตຽบพืชอย่างเพียงพอ ผลผลิตของพืช C₃ และ C₄ ที่ปลูกในสภาพที่มีระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 700 ไมโครโมลต่อโมล ควรบันไดออกไซด์จะสูงกว่าพืช C₃ และ C₄ ที่ปลูกในสภาพอากาศปัจจุบัน (350 ไมโครโมลต่อโมลคาร์บอนไดออกไซด์) ประมาณ 30-40 แมอร์เซ็นต์และ 9 แมอร์เซ็นต์ตามลำดับ Schenk et al. [18] ทดลองปลูกหญ้า perennial ryegrass ผสมสีขาว white cover โดยมีสัดส่วนหญ้าต่อส่วนตาก้าน ในแปลงขนาดเล็กภายในห้องควบคุมแบบ open-top chamber ที่มีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 380 ppm และ 670 ppm โดยทำการปลูกในช่วงฤดูพฤษภาคมปี 1992 และ 1993 ซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นสมพ็อกก์เฉลี่ย 19.4 องศาเซลเซียสและ 64.1 แมอร์เซ็นต์ และ 16.7 องศาเซลเซียสและ 72.8 แมอร์เซ็นต์ตามลำดับ และได้วัดรังสี (400-700 nm PAR) เฉลี่ย 502 และ 398 มิลลิโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ตามลำดับ พบร่วมกันของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น ผลผลิตหนักแห้งแห้งทั้งหมดของแปลงส่วนระหว่างหญ้าและตาก้าน และแปลงเดียวทั้งหญ้าและตาก้านเพิ่มขึ้นหักสองปี โดยในปี 1992 และ 1993 แปลงเดียว white cover เพิ่มขึ้น 38 แมอร์เซ็นต์ และ 16 แมอร์เซ็นต์ตามลำดับ และแปลงเดียว ryegrass เพิ่มขึ้น 9 แมอร์เซ็นต์ และ 5 แมอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในเมืองคุ้งตะเภาและคุณค่าทางโภชนาطب่าว่าการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ความเข้มข้นของ Ca ของผลผลิตรวมหักแห้งเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ความเข้มข้นของ K Na เพิ่อไขทราย (crude fiber) และองค์ประกอบเปล่า (ash content) ลดลง ในขณะที่ความเข้มข้นของ P S และ Mg ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนโปรตีนทราย (crude protein) จะลดลงในช่วงเริ่มน้ำของฤดู และจะสูงขึ้นในฤดูเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 และ 4 และสัดส่วนของ Ca/P จะสูงขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของ Ca

Barbehenn et al. [19] รายงานว่าในสภาพแวดล้อมที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ของปัจจุบัน หญ้า C₃ จะมีปริมาณเนื้อต่ำลงเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง พลูคุณแทน (Fructan) เพิ่มขึ้นถึง 3 เท่า นอกจากนี้ หญ้า C₃ ยังคงมีคุณค่าทางโภชนาطبูนกว่า หญ้า C₄ โดยพืชฯโปรตีน non-structural carbohydrate และน้ำสูงกว่าหญ้า C₄ และมีเยื่อใย

ความเหนียว (toughness) และลักษณะห่วงของคาร์บอนไบเดรตทั้งหมดต่อไปนี้ดังนี้

การทดลองของ Ryle et al. [20] ได้แสดงให้เห็นว่าหญ้า perennial ryegrass ซึ่งปลูกในสภาพที่มีความชื้นช้าของก้าชาร์บอนไดออกไซด์สูงมีอัตราการสังเคราะห์แสงและประสิทธิภาพในการใช้น้ำสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการที่เพิ่มปรับตัวให้มีการนำของปากใบ (stomatal conductance) ลดลง ดังนั้นจึงส่งให้ผลพิชิตมีการหายใจลดลง

4. อิทธิพลของการเพิ่มชั้นของคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิต่อพืชอาหารสัตว์

เป็นที่ทราบกันดีว่าในอนาคตการเพิ่มชั้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเกิดควบคู่ไปกับการเพิ่มชั้นของอุณหภูมิอากาศ Long [21] อธิบายกลไกผลกระทบของอุณหภูมิและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการสังเคราะห์แสงของพืช C_3 โดยได้มีเดลที่แสดงการตอบสนองของการแกลบเปลี่ยนก้าชาร์บอนไดออกไซด์ในพืชไม่ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาความร่วมของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิเป็นสาเหตุให้อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อ light-saturated rate ของการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น หากความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และหากไม่มีปฏิกิริยาความร่วมดังกล่าว การเพิ่มชั้นของอุณหภูมิโลก 2.5 องศาเซลเซียส จะเพิ่มความถี่ของอุณหภูมิ (frequency of temperature) ในช่วงฤดูหนาวสูงกว่าเดบันอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อความอิ่มตัวในการสังเคราะห์แสง (light-saturated photosynthesis) อย่างไรก็ตามหากการเพิ่มชั้นของอุณหภูมิในระดับนี้เกิดขึ้นร่วมกับการเพิ่มชั้นของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์กิน 500 ไมโครโมลต่อโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิที่เหมาะสมจะสูงขึ้นและการบัญญัติกล่าวจะไม่เกิดขึ้น Idso [22] ได้ทดลองปลูกพืชเรือน field chamber ที่เมือง Phoenix รัฐ Arizona ในสภาพที่มีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 300 และ 600 ไมโครโมลต่อโมลของคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งพบว่าการใช้คาร์บอนไดออกไซด์สูทธิของพืช (net canopy CO_2 uptake) เพิ่มขึ้น หากอุณหภูมิและความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น

Fritschi et al. [23] ทดลองปลูก Rhizoma peanut (*Arachis glabrata* Benth.) และหญ้า bahiagrass (*Paspalum notatum* Flugge) ซึ่งเป็นพืช C_3 และ C_4 ตามลำดับในรีโมร์เจท (temperature-gradient greenhouse, TGG) เพื่อประเมินอิทธิพลของการเพิ่มชั้นของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิต่อองค์ประกอบของเนื้อเยื่อ และการย่อยได้ (digestibility) โดยมีระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 365 ไมโครลิตรcarbonyl องค์ประกอบของเนื้อเยื่อต่อลิตร (ระดับปกติ) และ 640 ไมโครลิตรcarbonyl องค์ประกอบของเนื้อเยื่อต่อลิตร โดยควบคุมอุณหภูมิภายใน TGG ให้สูงกว่าอุณหภูมิของสภาพธรรมชาติ 0.2, 1.5, 2.9 และ 4.5 องศาเซลเซียสตามลำดับ พบรากการเพิ่มชั้นของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ความเข้มข้นของ non-structural carbohydrate (TNC) ในใบของ Rhizoma peanut เพิ่มขึ้นเกือบ 50 เปอร์เซ็นต์ แต่ทำให้ความเข้มข้นของใบโตรเจนในใบต่ำลง 6 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ความเข้มข้นของใบโตรเจนในแนวใหม่ (new rhizome) เพิ่มขึ้นอย่างไรก็ตามความเข้มข้นของใบโตรเจนในหญ้า bahiagrass ไม่ได้รับผลกระทบจากการเพิ่มชั้นของคาร์บอนไดออกไซด์หรืออุณหภูมิ

ในเมืองอิบราฮิมพัลของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิไม่ส่งผลกระทบต่อ neutral detergent fibre (NDF) ในใบและลำต้นของ rhizoma peanut อย่างไรก็ตามการเพิ่มชั้นของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลให้ NDF ในใบของหญ้า bahiagrass เพิ่มขึ้น และเมื่อสูญเสียไปแล้วก็พบว่าการย่อยได้อย่างอินทรีย์มาก (in vitro organic matter digestion, IVOMD) ของ rhizoma peanut ที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ สูงกว่า (623 กรัมต่อกรัม) ที่ระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สูง (609 กรัมต่อกรัม)

นอกจากนี้ Fritschi et al. [24] ยังพบอีกว่าการเพิ่มชั้นของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้การสังเคราะห์แสงในระดับใบและทรงพื้นสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน Rhizoma peanut และผลผลิตมวลชีวะทั้งหมด (total biomass production) ของ Rhizoma peanut และหญ้า bahiagrass เพิ่มขึ้น 52 และ 9 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่การเพิ่มชั้นของอุณหภูมิทำให้ผลผลิตมวลชีวะ เพิ่มขึ้นและพัฒนาหญ้า bahiagrass เท่านั้น

จากการทดลองของ Fritschi et al. [23] ; Fritschi et al. [24] และ Schenk et al. [18] ได้แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิมีผลทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบของพืชอาหารสัตว์เปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบเคมีภysis ของทุ่งหญ้า โดยอาจทำให้พืชอาหารสัตว์ที่ปรับตัวได้ดีเพิ่มจำนวนสูงขึ้น ในขณะเดียวกันพืชอาหารสัตว์ที่มีการปรับตัวน้อยกว่าอาจลดลงหรือสูญหายไปจากทุ่งหญ้า

การเปลี่ยนแปลงในเมืองค์ประกอบของพืชอาหารสัตว์อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืช สัตว์ กินพืช และโรคพืช โดยเฉพาะพฤติกรรมการกินของแมลง [25] และสัตว์เคี้ยวเอื้อง [26] Fisher et al. [27] ทำการทดลองทั้งหมดที่เรียกว่า “ห้ามกินหญ้าแห้งสำหรับสัตว์” (hay) โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลาคือตัดช่วงเช้าและบ่าย ซึ่งพบว่าแกะ แพะ และโค จะเลือกกินหญ้าแห้งที่ตัดในช่วงบ่ายมากกว่า ($p<0.01$) หญ้าแห้งที่ตัดในช่วงเช้า ทั้งนี้เกี่ยวข้องการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TNC ในพืช สอดคล้องกับการทดลองของ Orr et al. [28] ซึ่งได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการแทะเล้มในแกะพบว่ารูปแบบของอัตราการกินของแกะในรอบวัน (diurnal pattern in intake rate) จะสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TNC ในพืชอาหารสัตว์ เช่นกัน จากทั้งสองการทดลองซึ่งให้เห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีในพืชอาหารสัตว์ เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความชอบอาหาร (food preferences) ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตไม่เที่ยงแต่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพของพืชอาหารสัตว์เท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อปัจจัยการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพฤติกรรมการกินซึ่งการเปลี่ยนแปลงกล่าวมาอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการผลิตสัตว์และท่วงโซ่อุปทานที่สุด ดังนั้นเกษตรกรหรือนักวิชาการในสาขาที่เกี่ยวข้อง จึงควรทำการศึกษาเพื่อหาวิถีแบบหรือแนวทางในการจัดการฟาร์มที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมในอนาคต

5.สรุป

การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซcarbon dioxide และอุณหภูมิจะมีผลทำให้ผลผลิตของพืชอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของพืชอาหารสัตว์ C₃ จะมีมากกว่าพืชอาหารสัตว์ C₄ นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซcarbon dioxide และอุณหภูมิยังส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของพืชอาหารสัตว์ โดยเฉพาะ non-structural carbohydrate โปรตีนและเยื่ออ่อน ซึ่งอาจมีผลต่อพฤติกรรมการกินของสัตว์กินพืชและทำให้พืชอาหาร

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Wuebbles, D.J. and Edmonds, J., Primer on Greenhouse Gases, Lewis Publishers, Chelsea, 230 p, 1991.
- [2] IPCC, Climate Change : the Supplementary Report to IPCC Scientific Assessment, Cambridge University Press, Cambridge, 1992.
- [3] Berner, E.K. and Berner, R.A., Global Environment Water, Air, and Geochemical Cycles. Prentice Hall, New Jersey, 376 p., 1996.
- [4] Gardner, F.P., Pearce, R.B. and Mitchell, R.L., Physiology of Crop Plants, Iowa University Press, Ames, 327 p, 1990.
- [5] Whiteman, P.C., Tropical Pasture Science. Oxford University Press, Oxford, 392 p, 1980.
- [6] Keatinge, J.D.H., Stewart, R.H. and Garrett, M.K., The Influence of Temperature and Soil Water Potential on Leaf Extension Rate of Perennial Ryegrass in Northern Ireland, J. Agric. Sci. (Cambridge) Vol. 92 : pp. 175-183, 1979.

- [7] Ludlow, M.M. and Wilson, G. L., Photosynthesis in Tropical Pasture Plants. I. Illuminance, Carbon-dioxide Concentration, Leaf Temperature and Leaf-air Vapour Pressure Difference, *Aust. J. Biol.* Vol. 24 ; pp. 449, 1971.
- [8] Ivory, D.A., The Effects of Temperature on Growth of Tropical Pasture Grasses. Ph.D. Thesis, University of Queensland, 1975.
- [9] Mitchell, K.J. 1956. Growth of Pasture Species under Controlled Environment. I. Growth at Various Level of Constant Temperature, *N.Z. J. Sci. Techno.* A Vol. 38 ; pp. 203, 1956.
- [10] Jozwik, F.X., Response of Mitchell Grass (*Astrebla* F. Muell.) to Photoperiod and Temperature, *Aust. J. Agri.* Vol. 21 ; pp. 395, 1970.
- [11] Ludlow, M.M. and Wilson, G. L., Growth of some Tropical Grasses and Legumes at Two Temperatures, *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* Vol. 36 ; pp. 43, 1970.
- [12] Cooper, J.P. and McWilliam, J.R., Climatic Variation in Forage Grasses. 2. Germination, Flowering and Leaf Development in Mediterranean Populations of *Phalaris tuberosa*, *J. Appl. Ecol.* Vol. 3 ; 141, 1966.
- [13] Drake, B.G. and Leadley, P.W., 1991. Canopy photosynthesis of crops and native plant communities exposed to long-term elevated CO₂ treatment. *Plant, Cell and Environment* 14 : 853-860, 1991.
- [14] Long, S.P. and Drake, B.G., Photosynthetic CO₂ Assimilation and Rising Atmospheric CO₂ Concentration, pp.69-103. In N.R. Baker and H. Thomas (eds.). *Crop Photosynthesis : Spatial and Temporal Determinants.* Elsevier, Amsterdam, 1992.
- [15] Graves, J. and Reavey, D., *Global Environmental Change : Plants, Animals and Communities*, Longman, Malaysia, 226 p, 1996.
- [16] Unsworth, M.H., and Hogsett, W.E. Combined effects of changing CO₂, Temperature, UV-B Radiation and O₃ on crop growth, pp.171-197. In F. Bazzaz And W. Sombroek (eds). *Global Climate Change and Agricultural Production*. John Wiley & Son, Chichester, 1996.
- [17] Lawlor, D.W. and Mitchell, R.A.C., The Effects of Increasing CO₂ on Crop Photosynthesis and Productivity : a Review of Field Studies, *Plant, Cell and Environment* Vol. 14 ; pp. 807-818, 1991.
- [18] Schenk, U., Jaker, H.J. and Weigel, H.J., The Response of Perennial Ryegrass/White Clover Mini-swards to Elevated Atmospheric CO₂ Concentrations : Effects on Yield and Fodder Quality, *Grass and Forage Science* Vol. 52 ; pp. 232-241, 1997.
- [19] Barbehenn, R.V., Chen, Z., Karowe, D.N. and Spickard, A., C3 Grasses have Higher Nutritional Quality than C4 Grasses under Ambient and Elevated Atmospheric CO₂, *Global Climate Change* Vol.10 ; pp. 1565-1575, 2004.
- [20] Ryle, G.J.A., Powell, C.E. and Tewson, V., Effect of Elevated CO₂ on the Photosynthesis, Respiration and Growth of Perennial Ryegrass, *J. Exp. Bot.* Vol. 43 ; pp. 811-818, 1992.
- [21] Long, S.P., Modification of the Response of Photosynthetic Productivity to Rising Temperature by Atmospheric CO₂ Concentrations : Has its

- Importance been Underestimated?, Plant, Cell and Environment, Vol. 14 ; pp. 729-739, 1991.
- [22] Idso, S.B., Interactive Effects of Carbon Dioxide and Climate Variables on Plant Growth, pp.61-69. In Kimball ,B.A., Rosenberg, N.J. and Allen Jr., L.H. (eds). Impact of Carbon Dioxide, Trace Gases, and Climate Change on Global Agriculture. ASA Spec. Pub. No.53, American Society of Agronomy, Medison, 1990.
- [23] Fritschi, F.B., Boote, K.J., Sollenberger, L. E. and Allen Jr, L.H., Carbon Dioxide and Temperature Effects on Forage Establishment : Tissue Composition and Nutritive Value, Global Change Biology Vol. 5 ; pp. 743-753, 1999.
- [24] Fritschi, F.B., Boote, K.J., Sollenberger, L. E., Allen Jr., L.H. and Sinclair, T.R., Carbon Dioxide and Temperature Effects on Forage Establishment : Photosynthesis and Biomass Production, Global Change Biology Vol. 5 ; pp. 441-453, 1999.
- [25] Roth, S.K. and Lindroth R. L., Elevated atmospheric CO₂: effects on phytochemistry, insect performance and insect-parasitoid interactions. Global Change Biology Vol. 1 ; pp. 173–182, 1995.
- [26] Owensby, C.E., R.C. Cochranand and Auen, L. M., Effects of Elevated Carbon Dioxide on Forage Quality for Ruminants, pp. 363–371. In Korner, C. and Bazzaz, F.A. (eds). Carbon Dioxide, Populations, and Communities. Academic Press, San Diego, 1996.
- [27] Fisher, D.S., Mayland, H.F. and Burns, J.C., Variation in ruminants preference for Tall Fescus hays cut either at sundown or at sunup J. Anim. Sci. 77:762-768, 1999.
- [28] Orr, R.J., Penning, P.D., Harvey, A. and Champion, R. A., Diurnal Patterns of Intake Rate by Sheep Grazing Monocultures of Ryegrass or White Clover, Appl. Anim. Behav. Sci. Vol. 52 ; pp. 65-77, 1997.